

Fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos

Cálculo de las dosis de fertilizantes de cada elemento y correcciones necesarias en riego por goteo

En este artículo se sientan las bases de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos regados por goteo en función del diámetro de copa de la planta y del marco de plantación, diferenciando las dosis recomendadas entre satsumas, mandarinos, naranjos, limoneros y pomelos. Posteriormente, se corrigen dichas dosis en función del análisis foliar y de agua.

Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara, Eduardo Primo-Millo y Francisco Legaz.

Departamento de Citricultura y Otros Frutales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Moncada (Valencia).



Ensayo de fertilización a goteo en clementinos.

El objetivo del abonado es incrementar la fertilidad natural del suelo y, por tanto, obtener un aumento del rendimiento de la producción y de la calidad del fruto. Sin embargo, la productividad es el resultado de la interacción de una serie de factores, tanto inherentes a la planta como ambientales o de cultivo. Por ello, para que la fertilización sea eficaz, no debe existir otro factor que limite la productividad por debajo de los requerimientos nutricionales ya que, en tal caso, la respuesta en rendimiento será nula o muy escasa. El desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas extrae los principios nutritivos contenidos en el suelo y puede ocasionar una disminución considerable de su fertilidad; de modo que con el abonado se debe restituir al medio de cultivo las extracciones anuales del arbolado.

Para estimar una dosis de abonado estándar, en primer lugar, se debe tener información sobre las necesidades nutritivas anuales de las plantas para el crecimiento de los órganos viejos y el desarrollo de nuevos tejidos. En segundo lugar, es muy importante el conocimiento de la eficiencia de uso de los fertilizan-

tes, ya que la aplicación de éstos conlleva un porcentaje de pérdidas debidas a diferentes causas. Por ello, el aporte de nutrientes siempre será superior al consumo anual de las plantas. Una vez establecida la dosis estándar, se deberá corregir por medio del análisis foliar, suelo y agua de riego. Finalmente, para el mejor aprovechamiento de los nutrientes aportados, la dosis deberá aplicarse en las épocas más idóneas y con los fertilizantes más apropiados.

► Cálculo de la dosis anual estándar de abonado

Para aportar una dosis razonable de abono a una plantación de cítricos tienen que considerarse los dos aspectos básicos citados anteriormente.

Necesidades nutritivas anuales

La variedad, el patrón, el porte del arbolado (edad o diámetro de la copa), desarrollo vegetativo, cuantía de la producción, etc., son los parámetros que se utilizan para evaluar las necesidades nutritivas anuales de los árboles. Éstas se definen como la cantidad de elementos nutritivos consumidos por la planta durante

un ciclo completo (Legaz y Primo-Millo, 1988). En su determinación se incluye el consumo en el desarrollo de nuevos órganos (vegetativos y reproductivos) y en el crecimiento de los órganos viejos. A efectos de considerar los órganos viejos que participan en el balance global de la exportación de nutrientes a órganos en crecimiento y la recuperación posterior de los elementos translocados a partir de los fertilizantes aplicados, se distinguirá entre hojas viejas y órganos leñosos permanentes (troncos, ramas y raíces). Al principio del ciclo vegetativo la capacidad de absorción del sistema radical es baja, en contraste con la alta demanda de nutrientes que se precisa para el desarrollo de nuevos tejidos. En este sentido, las hojas viejas (de ciclos anteriores) exportan nutrientes, y cuando aumenta la capacidad de absorción y decrece el consumo, una parte de estas hojas ya se ha desprendido del árbol. En cambio, los órganos viejos permanentes también translocan nutrientes, pero los recuperan posteriormente del medio de cultivo. Por ello, únicamente las hojas viejas se tendrán en cuenta en el balance de nutrientes.

Los valores del consumo anual de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y hierro (Fe) por plantas de cítricos de diferentes edades se exponen en el **cuadro I**. Asimismo, se muestra que parte de estos nutrientes son aportados por las reservas contenidas en las hojas viejas. Las diferencias entre ambos valores constituyen las necesidades anuales netas de estos elementos. En el hierro, dada su escasa movilidad en la planta, la translocación desde las hojas viejas hacia los nuevos órganos en desarrollo puede considerarse inapreciable.

Evidentemente, los valores expuestos en este cuadro son de tipo medio y pueden sufrir variaciones en función de las características de la planta; sin embargo, tienen un valor indicativo aproximado de las necesidades reales de los cítricos.

Eficiencia de uso de los fertilizantes

El tipo de suelo (profundidad, drenaje, capacidad de retrogradación a formas inasimilables de los elementos aplicados, etc.) y las prácticas culturales (sistema de laboreo o de no cultivo, modalidad de abonado en riego tradicional o en goteo) influyen en la eficiencia de utilización de los fertilizantes. Ésta se define como «la proporción de un elemento que es aprovechado por el arbolado cuando se aplica una dosis determinada del mismo».

Generalmente, la relación que existe entre el elemento aplicado y su aprovechamiento por el cultivo no es lineal, de modo que conforme se aplican dosis crecientes, la eficiencia disminuye. Esta respuesta indica que el porcentaje de eficiencia se debe calcular para la dosis considerada agrónomicamente óptima para un cultivo con unas prácticas culturales determinadas.

Determinación de la dosis

Partiendo de los datos expuestos en

CUADRO I. NECESIDADES NUTRITIVAS ANUALES DE LOS CÍTRICOS EN RIEGO POR INUNDACIÓN Y GOTEO.

Edad (años)	Plantón (2)	En desarrollo (6)	Adulto (>12)
Consumo en el desarrollo de nuevos órganos y crecimiento de órganos viejos (g/árbol)			
N	6,8	210	667
P	0,8	18	53
K	3,6	121	347
Mg	1,4	46	135
Fe	0,04	1,1	3,4
Consumo cubierto por las reservas de las hojas viejas (%)			
N	25	32	32
P	12	16	17
K	22	28	29
Mg	24	30	30
Fe	—	—	—
Necesidades anuales netas (g/árbol)			
N	5,1	142	453
P	0,7	15	44
K	2,8	87	246
Mg	1,0	32	95
Fe	0,04	1,1	3,4

el **cuadro I** (Legaz y Primo-Millo, 2000) y aplicando un incremento de nutrientes en función de la eficiencia media de los fertilizantes más utilizados en riego a goteo, se obtienen las recomendaciones de abonado por árbol.

Dosis anual estándar = Necesidades anuales netas árbol (**cuadro I**) $\times F_1 \times F_2$.

F_1 = 100/porcentaje eficiencia en la utilización de los fertilizantes en riego a goteo.

F_2 = Factor de conversión de elementos nutritivos en unidades fertilizantes.

Las dosis recomendadas de N, P_2O_5 y K_2O en gramos por árbol (**cuadros II a IV**) se obtienen únicamente en función del diámetro de copa de la especie cultivada, siendo preferible este parámetro a la edad de la plantación, ya que el tamaño de las plantas en relación a su edad puede variar considerablemente según el vigor de la combinación variedad/patrón y las condiciones de cultivo. La máxima dosis se aplicará en el momento en que los árboles alcancen el máximo porte que les permita su marco de plantación. Así, en marcos rectangulares (por ejemplo, 4 x 2 m)

CUADRO II. DOSIS ANUAL ESTÁNDAR DE N EN RIEGO A GOTEO.

	Marco (m x m)	Árboles (1 ha)	Dosis máxima (kg/ha)	Dosis máxima (g/árbol)	Años										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					(g/árbol)										
Satsumas (Clausellina y Okitsu) Diámetro de copa (cm)	4 x 2	1.250	240	192	20	40	60	80	100	120	140	165	192	192	192
					25	50	75	100	125	150	175	200	225	225	225
Mandarinos (Marisol) Diámetro de copa (cm)	5 x 3,5	570	240	421	30	60	90	120	160	200	240	300	360	421	421
					35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	350
Mandarinos (en general) Diámetro de copa (cm)	5,5 x 4	454	240	528	40	80	120	160	210	260	310	380	450	528	528
					40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	400
Naranjos Diámetro de copa (cm)	6 x 4	416	240	577	45	90	135	190	250	310	380	450	530	577	577
					45	90	135	180	225	270	315	360	400	425	425
Limoneros y pomelos Diámetro de copa (cm)	7 x 5	285	240	842	50	100	150	210	280	360	450	550	660	780	842
					50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525

CUADRO III. DOSIS ANUAL ESTÁNDAR DE P₂O₅ EN RIEGO A GOTEO.

	Marco (m x m)	Árboles (1 ha)	Dosis máxima (kg/ha)	Dosis máxima (g/árbol)	Años										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					(g/árbol)										
Satsumas (Clausellina y Okitsu) Diámetro de copa (cm)	4 x 2	1.250	70	56	5 25	10 50	15 75	20 100	25 125	30 150	40 175	50 200	56 225	56 225	56 225
Mandarinos (Marisol) Diámetro de copa (cm)	5 x 3,5	570	70	123	10 35	15 70	25 105	35 140	45 175	55 210	70 245	85 280	105 315	123 350	123 350
Mandarinos (en general) 5,5 x 4 Diámetro de copa (cm)	454	70	154	15	25 40	35 80	45 120	60 160	75 200	90 240	110 280	130 320	154 360	154 400	154 400
Naranjos 6 x 4 Diámetro de copa (cm)	416	70	168	15	25 45	40 90	55 135	70 180	90 225	110 270	130 315	155 360	168 400	168 425	168 425
Limoneros y pomelos Diámetro de copa (cm)	7 x 5	285	70	245	15 50	30 100	45 150	60 200	80 250	105 300	130 350	160 400	190 450	225 500	245 525

CUADRO IV. DOSIS ANUAL ESTÁNDAR DE K₂O EN RIEGO A GOTEO.

	Marco (m x m)	Árboles (1 ha)	Dosis máxima (kg/ha)	Dosis máxima (g/árbol)	Años										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					(g/árbol)										
Satsumas (Clausellina y Okitsu) Diámetro de copa (cm)	4 x 2	1.250	140	122	10 25	20 50	30 75	40 100	50 125	60 150	80 175	100 200	122 225	122 225	122 225
Mandarinos (Marisol) Diámetro de copa (cm)	5 x 3,5	570	140	245	15 35	30 70	50 105	70 140	90 175	110 210	140 245	170 280	210 315	245 350	245 350
Mandarinos (en general) Diámetro de copa (cm)	5,5 x 4	454	140	308 40	20 80	40 120	60 160	80 200	110 240	140 280	170 320	210 360	260 400	308 400	308 400
Naranjos Diámetro de copa (cm)	6 x 4	416	140	336	25 45	45 90	65 135	90 180	120 225	160 270	190 315	230 360	290 400	336 425	336 425
Limoneros y pomelos Diámetro de copa (cm)	7 x 5	285	140	491	30 50	50 100	80 150	110 200	150 250	200 300	260 350	310 400	370 450	430 500	491 525

el diámetro de copa puede superar la distancia de los árboles en la fila. Posteriormente, se continuará suministrando ésta, con independencia de la edad de la plantación, mientras no se modifique su porte. Sin embargo, las dosis por hectárea son independientes del cultivar y se calculan en función de la densidad de plantación.

Optimización de la dosis estándar

Las dosis recomendadas en los cuadros II a IV se podrán optimizar de acuerdo a la información proporcionada por el análisis foliar, agua de riego y suelo.

Corrección según el análisis foliar

Esta analítica es el procedimiento más adecuado para diagnosticar el estado nutritivo del arbolado, ya que informa sobre la absorción real de los nutrientes por la planta, muestra la presencia de estados carenciales o excesivos e indica la existencia de antagonismos entre nutrientes. Además, permite evaluar las reservas disponibles en elementos móviles (cuadro VI). En el

cuadro V se muestran los valores foliares de referencia de diferentes estados nutritivos de varias especies de cítricos (Legaz y Primo-Millo, 1988; Legaz *et al.*, 1995).

Las dosis expuestas en los cuadros II a IV se corregirán multiplicando éstas por los factores asignados a cada nivel foliar de referencia (cuadro V), tal como se indica en el cuadro VI.

Los incrementos o disminuciones de las aportaciones de fertilizantes (respecto a la dosis estándar) son aproximados, ya que valores más exactos sólo pueden conseguirse con el uso de funciones complejas. Sin embargo, se considera que estas aproximaciones son suficientes para el cálculo práctico de las necesidades de fertilización en los cítricos en riego a goteo.

Corrección según análisis de agua de riego

Éste nos indica el contenido de sales minerales que incorporadas al suelo pueden actuar como fuente de elementos para la planta. Otro aspecto importante es su calidad, de modo que debe mantenerse un control sobre la misma, tanto más ri-

guroso cuanto peores sean las características de ésta. Este control es especialmente necesario en fertirrigación, ya que pueden producirse insolubilizaciones e incrustaciones en las tuberías y goteros.

La corrección más importante a realizar es la debida al aporte de N con el agua de riego. De modo que si el contenido en nitrato (NO₃⁻) en el agua es superior a 50 mg/l, las dosis de N (cuadro II) se reducirán en función de los aportes de ésta. La cantidad de N suministrada por el agua de riego se calcula con la fórmula descrita por Legaz y Primo-Millo (1988):

$$\text{kg N/ha} = \frac{\text{NO}_3^- \times V_r \times 22,6}{10^5} \times F$$

Siendo:

NO₃⁻ = Concentración de nitrato en el agua de riego (ppm = mg/l).

V_r = Volumen total de riego (m³/ha).

22,6 = Porcentaje de N en el ión nitrato.

F = Factor que depende de la eficiencia del riego y considera la pérdida de agua. Los valores pueden oscilar entre 0,6 y 0,9 en riego a goteo.

CÍTRICOS dossier

En el **cuadro VII** se exponen ejemplos de las cantidades de N aportadas por el agua en función del volumen de riego y la concentración del ión nitrato.

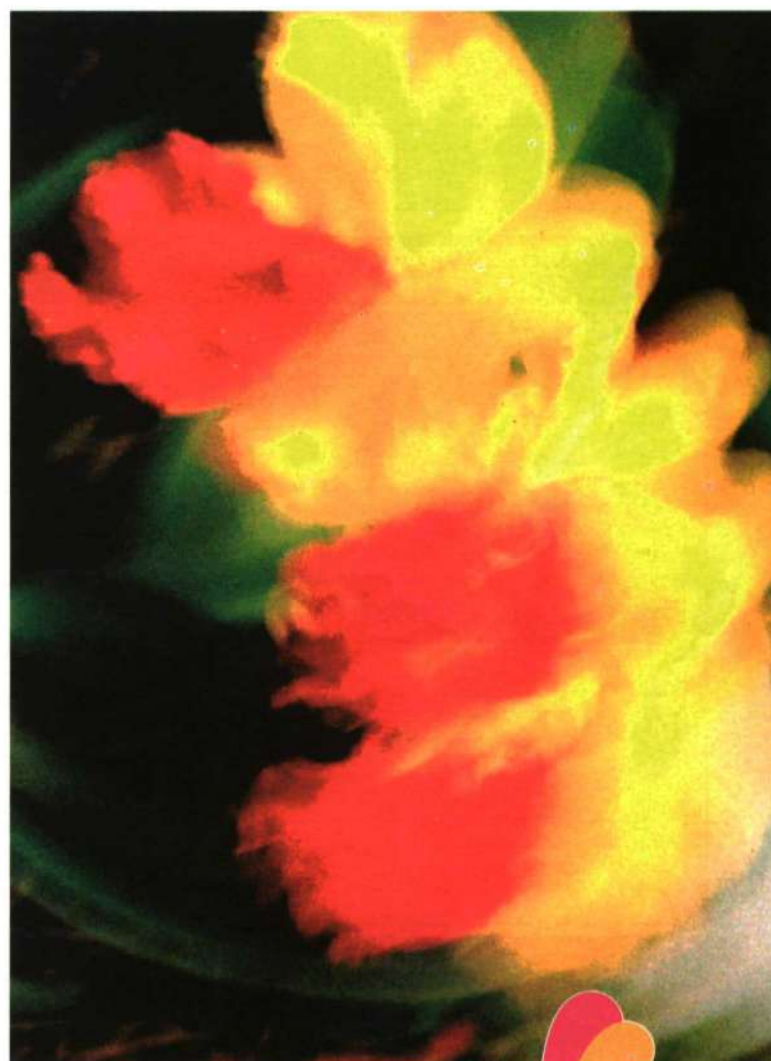
En las zonas de agricultura intensiva se suelen aportar cantidades muy elevadas de fertilizantes nitrogenados y de agua de riego que, junto con lluvias intensas, originan un flujo importante del ión nitrato en el agua de drenaje que provoca la contaminación de los acuíferos. Por ello, es muy conveniente conocer qué parte de la dosis de N puede aportarse con el agua de riego. En el **cuadro VII** se aprecia que con un contenido de 150 mg de nitrato por litro, se suministra un 50% de la dosis estándar (**cuadro II**).



Arriba: **Sintomatología de la deficiencia de nitrógeno**. Centro: **Sintomatología de la deficiencia de fósforo**. Abajo: **Sintomatología de la deficiencia de potasio**.

Te vamos a alegrar el día

¡Oferta especial Iberflora!



Fertiberia
Jardín

Ponemos a tu disposición una completa gama de productos para la nutrición y cuidado de las plantas.

¡Visítanos!

Stand C-52 · Pabellón 3 · Nivel 2

"Vida y color para su jardín"

C/. Joaquín Costa, 26. 28002 Madrid. Tel.: 91 586 62 00. Fax: 91 586 62 32
e-mail: jardineria@fertiberia.es

CUADRO V. NIVELES FOLIARES DE REFERENCIA DE MACROELEMENTOS PRIMARIOS EN CÍTRICOS.

		% (peso seco) ^z				
		Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Naranjos	N	< 2,30	2,30-2,50	2,51-2,80	2,81-3,00	> 3,00
	P	< 0,10	0,10-0,12	0,13-0,16	0,17-0,20	> 0,20
	K	< 0,50	0,50-0,70	0,71-1,00	1,01-1,30	> 1,30
Clementinos	N	< 2,20	2,20-2,40	2,41-2,70	2,71-2,90	> 2,90
	P	< 0,09	0,09-0,11	0,12-0,15	0,16-0,19	> 0,19
	K	< 0,50	0,50-0,70	0,71-1,00	1,01-1,30	> 1,30
Satsumas	N	< 2,40	2,40-2,60	2,61-2,90	2,91-3,10	> 3,10
	P	< 0,10	0,10-0,12	0,13-0,16	0,17-0,20	> 0,20
	K	< 0,40	0,40-0,60	0,61-0,90	0,91-1,15	> 1,15

^z: Niveles basados en la concentración de estos nutrientes en las hojas de la brotación de primavera de 7 a 9 meses de edad, procedentes de ramas terminales sin fruto ni otra brotación posterior.

CUADRO VI. FACTORES DE CORRECCIÓN RECOMENDADOS EN RIEGO A GOTEO SEGÚN EL ANÁLISIS FOLIAR^z.

Nivel foliar	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Factor N	1,5	1,4-1,1	1,0-0,9	0,8-0,6	0,5
Factor P ₂ O ₅	2,0	1,9-1,1	1,0-0,6	0,5-0,0	0,0
Factor K ₂ O	2,0	1,9-1,1	1,0-0,7		
	0,6-0,0	0,0			

^z: Los factores de corrección para cada nutriente se corresponden con los valores extremos de la concentración foliar para cada estado nutritivo (cuadro V). Para niveles foliares intermedios se aplicarán los coeficientes proporcionales correspondientes.

CUADRO VII. APORTACIÓN DE NITRÓGENO POR EL AGUA DE RIEGO.

Concentración de NO ₃ ⁻ (mg/l)	kg N/ha ^z
50	42
75	63
100	85
125	106
150	127

^z: Las cantidades indicadas se han obtenido aplicando la fórmula anterior para un volumen de 5.000 m³/ha y un valor de F=0,75.

Corrección según análisis del suelo

El análisis del suelo informa sobre las condiciones físicas (relacionadas con la movilidad del agua y la dinámica de los nutrientes), la riqueza de los elementos que se encuentran en forma asimilable para el cultivo, así como de las características del mismo que pueden ser desfavorables o limitantes para el desarrollo de la planta, tales como el pH, contenido de calcio total y activo, conductividad eléctrica, etc. Sin embargo, esta analítica no se ha considerado como factor directo de corrección de las dosis de referencia, ya que la fertilidad del suelo pierde importancia cuando se riega a goteo, al ser el volumen de suelo explorado por las raíces mucho menor que en riego por inundación, aunque indirectamente si se tienen en cuenta los nutrientes del suelo, ya que la influencia de éstos sobre el estado nutritivo del arbolado se corregirá mediante el análisis foliar.

Distribución estacional de la dosis estándar o corregida

Una vez conocidas las recomendaciones anuales de abonado (estándar o corregida), se procederá a su distribución a lo largo del ciclo vegetativo, de modo que se obtenga el mejor aprovechamiento posible de los nutrientes aportados.

El conocimiento de la dinámica de los nutrientes en la planta y en el suelo, así como la disponibilidad de las curvas de absorción de nutrientes en los diferentes estados fenológicos del cultivo, son aspectos básicos para establecer las épocas más idóneas de abonado en diferentes variedades de cítricos (figura 1). En el caso de los elementos muy móviles en la planta (N, P y K), la alta demanda para desarrollo de la brotación-floración de primavera se cubre mayoritariamente con las reservas acumuladas en los órganos viejos que actúan como fuente de éstos. Legaz *et al.* (1983), mediante el uso del isótopo estable ¹⁵N, han cuantificado la absorción radical del N a lo largo del ciclo vegetativo, así como la contribución al desarrollo de nuevos tejidos del N acumulado en los órganos viejos de reserva (Legaz *et al.*, 1995).

Las curvas de aplicación mensual del N se han establecido en función de estos hallazgos citados, su influencia sobre el cambio de color del fruto en variedades tempranas (Legaz *et al.*, 2000; Quiñones *et al.*, 2003) y la facilidad de lixiviación del ión nitrato fuera del alcance del sistema radical. Considerando que P y K tienen una movilidad en la planta similar a la del N, se podrían distribuir de un modo parecido a éste. La baja movilidad del anión fosfato en el bulbo permitiría que la mayor parte de los fertilizantes fosfóricos se apliquen al inicio del ciclo vegetativo. Pero la distribución expuesta se elige para acidificar el agua de riego el mayor tiempo posible y así evitar las posibles obturaciones de los goteros. La distribución estacional del potasio se ha fijado, sobre todo, en función de la elevada demanda de éste durante el proceso de fructificación, de modo que los mayores aportes se corresponden con las épocas de mayor crecimiento. Así, desde el inicio de la brotación-floración de primavera (principio de marzo) hasta la finalización del cuajado del fruto (final de junio) se aplica un 35% de la dosis total de K y el resto en las fases de rápido crecimiento del fruto (final de octubre). En cambio, la dosis de N se distribuye en torno al 50% en ambos períodos. ■

FIGURA 1.
Porcentaje de distribución mensual de las dosis de N, P₂O₅ y K₂O según edad y época de recolección en riego a goteo.

